

氏名(国籍)	李 勝 功 (中 国)
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	博 甲 第 2508 号
学位授与年月日	平成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審査研究科	生物科学研究科
学位論文題目	Micrometeorological and Ecological Analyses of Energy Budget and CO ₂ Flux over a C3 and C4 Co-existing Grassland under Global Warming Conditions (地球温暖化環境下でのC3・C4混生草原における熱収支とCO ₂ フラックスの観測と微気象生態学的解析)
主査	筑波大学教授 理学博士 及 川 武 久
副査	筑波大学教授 理学博士 林 一 六
副査	筑波大学助教授 農学博士 鞠 子 茂
副査	筑波大学教授 理学博士 木 村 富士男

論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究は、最近世界的に広く普及してきた渦相関法を用いて、日本のC3・C4混生草原でのエネルギー・水・CO₂フラックスを長期連続測定し、そのデータを微気象生態学的に解析したものである。実験地は筑波大学陸域環境研究センターにある微気象観測用の実験圃場である。この草原には約50種の草が生えており、優占植物はC3植物ではキク科のセイタカアワダチソウ (*Solidago altissima*) イネ科のオニウシノケグサ (*Festuca arundinaceae*) で、C4植物はいずれもイネ科のチガヤ (*Imperata cylindrica*) とススキ (*Miscanthus sinensis*) である。最大草丈と最大LAIはそれぞれ1.0mと5.5になった。

渦相関法で測定した顕熱 (H) と潜熱 (LE) の合計と有効エネルギー Qn (正味放射と土壌熱流量の差) が良く一致した ($H + LE = 1.01QnWm^{-2}$, $n = 2251$, $r^2 = 0.90$)。更に、渦相関法で測定した潜熱とLysimeterで測定した潜熱も非常に良く一致した [$LE(EC) = 1.00LE(Lysimeter)$, $n = 2193$, $r^2 = 0.85$]。従って、ここで用いた渦相関法で得られたフラックスは十分な精度があることが確かめられた。

QnのLEとHの分配パターンは、鉛直の顕熱移流によってかなり影響を受けていた。Bowen比 β ($= H/LE$) は、朝にピークを示し、午後に減少し、夕方には負になった。Qnの中の潜熱の割合 (EF) は、 β と逆のパターンを示した。午前中 (9:00 - 14:00 JST) のBowen比は、0.3 ~ 1.2の間で季節変化した。EFは、50 ~ 90%の間で季節変化した。夜間の蒸発散は非常に小さく、主にHによって決まっていた。LEの最大値は約540Wm⁻² (DOY213, 蒸発散速度ETの0.79mmh⁻¹に相当) であった。1日の積算潜熱の最大値は16.28MJm⁻²d⁻¹ (DOY231, ETの6.7mmd⁻¹に相当) となった。

Decoupling coefficient (Ω factor) を分析した結果、午前中の蒸発散は有効エネルギーによって決定され、午後の蒸発散は飽差と気孔によって調節されていた。また、鉛直の顕熱移流が蒸発散にも大きく貢献した。正午の Ω 値は、一般に0.7以上であった。 Ω の値は成長が進むにつれて、次第に減少した。

昼間のCO₂フラックス (Fc) のピーク値は、7.3 (DOY 304) ~ 56.7 (DOY 23) $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ の間で季節変化した。夜間のFc値は-1.3 ~ -21.6 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ の間で変化した。晴れた日に、1日の積算CO₂フラックスの最大値は、0.14 ± 0.20 ~ 0.75 ± 0.36 (mean ± SD) mol m⁻² d⁻¹の間で季節変化した。この草原は成長期の大部分

の時期に CO₂ の sink (吸収源) になっていた。

Fc を制御する環境要因の中で光強度 PPF_D が最も重要な要因であった。両者の関係は、直角双曲線で明瞭に表わせた (決定係数は 0.7 を超えた)。回帰を行った結果、量子収率あるいは光利用効率 α は $0.033 \pm 0.002 \text{SD mol CO}_2 (\text{mol photon})^{-1}$ 、年間の平均暗呼吸速度 Rd は $-6.78 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、キャノピーの光補償点 LCP (つまり、Fc = 0 での PPF_D の値) は、 $140 \sim 250 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の間で季節変化した。平均 LCP は約 $210 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ であった。さらに、この草原には、Fc は PPF_D が $2000 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ に達しても光飽和していなかった。しかしながら、この Fc-PPFD の関係は、生長の季節・温度・飽差によって変わった。夜間の Fc は気温に対して指数関数的に増加し、その温度係数 (Q_{10}) は約 4.9 であった。

キャノピーの conductance (gc) と水利用効率 (WUE) のいずれも朝にピークを示して、午後には減少した。これは、Bowen 比や Ω factor と同様の日変化パターンであった。午後には、気温が高くなるために、飽差も大きくなり、さらに風も強くなるので、気孔が部分的に閉鎖した一方で、土壌からの蒸発が増えたので、WUE 減少した。正午のキャノピー conductance は $10 \sim 30 \text{mm s}^{-1}$ の間で季節変化した。正午の WUE 値は、 $12.0 \sim 18.7 \text{mg CO}_2 \text{g}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ までの間で変動した。WUE は低い PPF_D に対して非常に敏感であったが、飽差が増えるとともに WUE も減少する傾向も示した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は渦相関法という最新の微気象学的測定法を用いて、C3・C4 混生草原の熱収支とそれに伴う CO₂ フラックスを長期連続測定し、得られた結果を微気象生態学的観点から解析したものである。

渦相関法によって得られた顕熱 (H) 潜熱 (LE) の和は、秋の開花期を除くどの季節でも、有効エネルギーと極めて良い一致を示し、熱収支が閉じていることを証明した。さらに、潜熱はセンターに設置されている Lysimeter で観測されている蒸発散量とも一致して、ここで用いられた渦相関法の測定精度が極めて高いことを実証した。

ここで得られた H と LE の日変化、季節変化パターンから、熱の配分が鉛直の顕熱移流によって強く影響を受けるなど、今までに余り知られていない特徴が明らかにされた。さらに、熱収支と同時に得られた炭素フラックスが草原の季節動態や気温の季節変化などの環境条件と密接な関連があることも示した。しかもこの草原の年間の炭素固定量は森林と劣らないか、それ異常に大きいことも明らかにした。今後の問題として、このような熱収支、炭素収支の季節変化特性を C3・C4 植物の生理特性からさらに解析することが望まれる。

よって、著者は博士 (理学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。